

2002年（平成14年）春 季

第 49 回応用物理学関係連合講演会 講 演 予 稿 集

Extended Abstracts (The 49th Spring Meeting, 2002);
The Japan Society of Applied Physics and Related Societies

No. 3

- 3 光
Optics
- 4 量子エレクトロニクス
Quantum Electronics
- 5 光エレクトロニクス
Optoelectronics
- 10 有機分子・バイオエレクトロニクス
Molecular Electronics and Bioelectronics
- 12 半導体B(探索的材料・物性・デバイス)
Semiconductors B (Exploratory Materials/
Physics/Devices)



期 日：2002年3月27日(水)～30日(土)

会 場：東 海 大 学（湘南校舎）

29p-L-7

2次元フォトニック結晶による波長分合波デバイス -点欠陥間の干渉-

Optical Add/Drop Filter Using 2D Photonic Crystal Slab -Interference between single defects-

京大院工, CREST-JST, 住友電気工業(株)伊丹研

○浅野卓、清田和明、井本純平、赤羽良啓¹、野田進Kyoto Univ., CREST-JST, Sumitomo Electric Industries, Ltd. T. Asano, K. Kiyota, J. Imoto, Y. Akahane¹, and S. Noda

Email: tasano@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序]我々は2次元フォトニック結晶スラブの単一欠陥を用いた面型の波長分合波デバイスを提案している¹⁾。これまで線状欠陥導波路の近傍に一つの欠陥を設けた基本的なデバイス構造を想定した研究を行ってきた。今回、線状欠陥に沿って二つの欠陥を設けた場合(図1)について、欠陥間の光波干渉の影響をモード結合理論を用いて検討した。[計算]図2に共振波長1.5μmの欠陥2つが干渉した場合の結果を一例として示す。欠陥間の距離Lは、往復の光路差が共振ピーク波長において51πとなる長さ(約32μm)を仮定し、欠陥と自由空間との結合の Q_L としては250を仮定した。また計算は導波路との結合の $Q_{//}$ が250および4000の場合に対して行った。図2から $Q_{//}=Q_L$ の時には干渉が大きく現れているのに対して、 $Q_{//} \gg Q_L$ の時にはあまり干渉が生じないことがわかる。これは、 $Q_{//} \gg Q_L$ のときには各欠陥における光波の反射が非常に小さくなるためである。また $Q_{//}=Q_L$ の場合には欠陥1からの自由空間への出力が0.7程度であり、単一欠陥の場合に予想される最大値0.5よりも大きくなっている。これは2つの欠陥の光路差がπの奇数倍であるため、干渉の結果として導波路への透過と反射が同時に抑制されたことを示している。以上のような効果は、出力効率の向上や、導波路共振器²⁾等に積極的に利用可能である。また、上記以外の光路長さの場合には、欠陥における反射の位相変化の波長依存性と絡み合うため、スペクトルの対称性が崩れる等の現象が生じ、干渉の様子も異なってくる。実験結果を含めた詳細は当日発表する。[謝辞]本研究の一部は文部科学省科研費特定領域(B)および京大VBLの援助を受けた。[文献]1) S. Noda, A. Chutinan, and M. Imada, Nature, 407 (2000) 608. 2) 杉立厚志、野田進、他、本応物予稿集

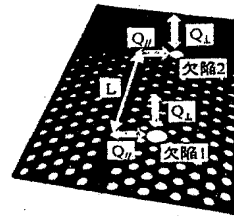


図1: 計算モデル

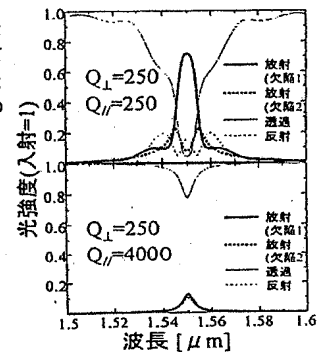


図2: 2つの欠陥の干渉

29p-L-8

2次元フォトニック結晶による波長分合波デバイス -複数の格子点を埋めたドナー型欠陥によるQ値の向上-

Optical Add/Drop Filter using 2D photonic crystal -Improvement of the quality factor by introducing a donor-typed defect-

京大院工, CREST-JST, 住友電気工業(株)伊丹研

○望月理光、赤羽良啓¹、浅野卓、田中良典、野田進Kyoto Univ., CREST-JST, and Sumitomo Electric Industries, Ltd. M. Mochizuki, Y. Akahane¹, T. Asano, Y. Tanaka, S. Noda

mochi@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序]これまで我々は、図1に示すような、2次元フォトニック結晶スラブ導波路に単一欠陥を導入した面出力型波長分合波器を提案し、様々な検討を行ってきた^{1,2)}。本デバイスにおいて、波長分解能を上げるためには、点欠陥共振器のQ値を向上させてスペクトル幅を狭くする必要がある。これまでは単一格子点の半径を大きくしたり^{1,2)}、単一格子点を埋めることによって³⁾、点欠陥を導入してきたが、今回は互いに隣接する複数の格子点を埋めることで、より有効屈折率の高い点欠陥を導入し、Q値を向上させることを試みたので報告する。[解析]ここでは、図2のように、3つの格子点を直線状に埋めた場合について検討する。まず、孤立した点欠陥の共振周波数と、別個に求めた導波路モードの関係を図3に示す。バンド図から、バンドギャップ中には複数の欠陥モードが存在するが、ライトラインを越えない範囲で導波路モードの存在する0.263~0.280/a (aは格子定数)の領域においては、基本的に単一モードであることが分かる。次に、実際に導波路を導入した場合について、Q値及び偏光特性の計算を行ったところ、Qは2500~3000と非常に高い値であることが分かった。また、電界分布を調べてみると、図4に示すように、格子点を埋めた方向に伝播するような共振モードであることが分かった。このため、埋めた方向に垂直な方向の電界成分が非常に強く、放光もほぼ完全な直線偏光であると期待される。詳細は当日報告する。[謝辞]本研究の一部は文部科学省科研費特定領域研究(B)の援助を受けた。[文献]1) S. Noda, A. Chutinan, and M. Imada, Nature 407, 608 (2000). 2) 望月理光、田中智子、岡野誠、野田進 '01秋季応物予稿集13p-ZK-9, 10 3) 清田和明、野田進 他 本予稿集参照

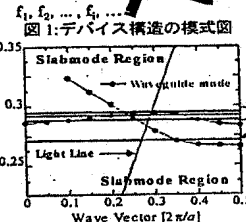
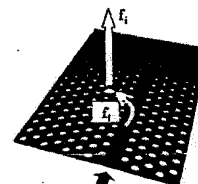


図3: 共振モードのバンド図

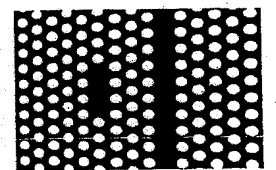


図2: 直線状に格子点を埋めた点欠陥

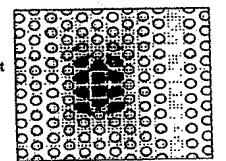


図4: 共振モードの電界分布

29p-L-9

2次元フォトニック結晶による波長分合波デバイス -面内ヘテロ構造の提案-

Optical Add/Drop Filter Using 2D Photonic Crystal -Proposal of in-plane heterostructure-

京大院工, CREST-JST

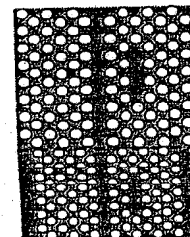
○浅野卓、望月理光、宋奉植、野田進

Kyoto Univ., CREST-JST

T. Asano, M. Mochizuki, B. S. Song, and S. Noda

Email: tasano@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序]我々は2次元フォトニック結晶スラブの単一欠陥を用いた波長分合波器を提案し、その動作を検討してきた¹⁾。これまでアクセプタ型の欠陥では、主に欠陥の大きさを変化させることで、分合波波長を制御することを行ってきた。この方法では波長を変化させると、分合波の効率等の特性が変化する。これを一定に保つための制御が別に必要となる²⁾。またドナー型の欠陥^{3,4)}では、そもそも欠陥の大きさによる波長の制御が難しいと考えられる。そこで今回、面内ヘテロ構造を用いることにより、どのような欠陥に対しても波長を制御でき、かつ分合波効率も保つことのできる方法を考案した。[提案]フォトニック結晶の特性の基本となるマクスウェル方程式は長さaで規格化し、周波数をω/aで規格化すると、方程式そのものはaの大きさに依存しない形となる。よって、右図のように長さの基準だけをaからbに変化させ、全体aの大きさに依存しない形となる。よって、右図のように長さの基準だけをaからbに変化させ、分合波効率といふb/a倍になった比例構造を作製した場合、欠陥の共振周波数はa/b倍に変化するが、分合波効率といふb/a倍は変わらない。この方法を用いれば、分合波効率を一定に保ちつつ、欠陥の共振周波数のみを変化させることが可能となる。さらに右図のように導波路の伝搬方向に沿って、長さの基準が異なるフォトニック結晶領域をつないだ面内ヘテロ構造を用いることで、分合波特性のそろった多波長分合波デバイスを作製することが可能である。また、この方法ではヘテロ接合面における反射の影響を検討しておく必要があるが、3次元FDTD法による検討の結果、ヘテロ接合面における周期の変化が2%程度であれば、導波光の反射は殆ど無視できることが分かった。この2%の周期の変化は、1.5μm帯において30nmの共振波長の変化に相当するため、実用的な波長制御範囲ではヘテロ接合面の反射は無視できるといえる。詳細は当日発表する。[謝辞]本研究の一部は文部科学省科研費特定領域(B)および京大VBLの援助を受けた。[文献]1) S. Noda, A. Chutinan, and M. Imada, Nature, 407 (2000) 608. 2) A. Chutinan, M. Mochizuki, M. Imada, and S. Noda, APL, 79 (2001) 2690. 3) 清田和明、野田進、他、本応物予稿集、4) 望月理光、野田進、他、本応物予稿集



フォトニック結晶A
・長さの基準a
・欠陥の共振周波数 f_0
・分合波効率 η_0

フォトニック結晶B
・長さの基準b
・共振周波数 $f_0' = f_0 \times a/b$
・分合波効率 $\eta_0' = \eta_0$

図: 面内ヘテロ構造の概念図

29p-L-8

Wavelength add/drop filtering device using a 2-dimensional photonic crystal
—Improvement of the Q-factor by introducing a donor-type defect that fills plural lattice points—

Heretofore, we have conducted various investigations by proposing a plane-output type, wavelength add/drop filtering device in which a single defect is introduced into a 2-dimensional photonic crystal slab waveguide as shown in Fig. 1 ^{1), 2)}. In order to raise wavelength resolution with the present device, it is necessary to make the spectral width narrow by enhancing the Q-factor of the point-like defect oscillator. As yet, we have introduced the point-like defects by increasing the rod radius of a single lattice point ^{1), 2)} or by filling a single lattice point ³⁾. Since, this time, point defects with a higher effective refractive index were introduced by filling plural lattice points adjacent to each other to enhance the Q-factor, the results are reported.

[Analysis] In the present paper, cases where three lattice points are linearly filled as shown in Fig. 2 are investigated.

Fig. 1 Schematic diagram of the device structure.

Fig. 2 Point-like defects linearly filling lattice points.